

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-350487

(43)Date of publication of application : 15.12.2000

(51)Int.Cl.

H02P 6/08

(21)Application number : 11-153287

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO
LTD

(22)Date of filing : 01.06.1999

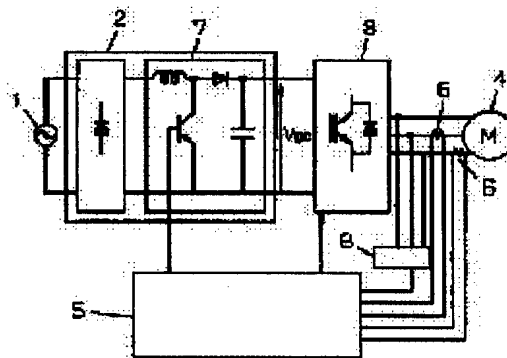
(72)Inventor : FUNABA CHIZUMI
TOKOROYA YOSHIHIRO

(54) CONTROLLER FOR BRUSHLESS MOTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make a smooth transition by switching the control system gradually, while keeping the r.p.m. of a motor and the quantity of flux during one period at a constant level, respectively.

SOLUTION: This controller comprises a control circuit 5, e.g. a microcomputer, and a DC voltage control circuit 7, wherein switching from a sine wave control in low motor speed region to 120° conduction PAM control for increasing the r.p.m. is carried out in two stages. More specifically, the amplitude and frequency of the sine wave are decreased, while keeping a converter output voltage VDC at a constant level in the first stage, and then conduction period is brought close to 120° by increasing the offset gradually and reducing the conduction period. After the conduction period of 120° is reached, the converter output voltage VDC is gradually lowered, and transition is made to full conduction control of 120° conduction period in the second stage.



According to this arrangement, switching can be made smoothly without causing step-out of the motor or overcurrent protective operation thereof.

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]A direct-current-voltage variable-converters part provided with a means to change exchange into a direct current and to control direct current voltage.

a means to make output voltage of said converter part amplitude, to control duty of a carrier frequency, and to control output voltage -- a means to change both direct current into exchange corresponding to number of rotations of a motor.

Being a control device of a brushless motor provided with the above, and maintaining uniformly motor rotation frequency and a magnetic flux amount of a 1-round period at the time of a change of said control system. From PWM control of sinusoidal abnormal conditions set constant, direct current voltage of a converter output. Control gradually brought close to a setting-out energization period of said PAM control by holding converter output voltage uniformly, lowering amplitude and frequency of a sine wave which are a fundamental wave, and raising offset is performed, After shifting to a setting-out energization period, converter output voltage is controlled and a setting-out energization period is switched to PAM control considered as all the energization.

[Claim 2]A direct-current-voltage variable-converters part provided with a means to change exchange into a direct current and to control direct current voltage.

a means to make output voltage of said converter part amplitude, to control duty of a carrier frequency, and to control output voltage -- a means to change both direct current into exchange corresponding to number of rotations of a motor.

Being a control device of a brushless motor provided with the above, and maintaining uniformly motor rotation frequency and a magnetic flux amount of a 1-round period at the time of said control-system change. From PWM control of sinusoidal abnormal conditions which set direct current voltage of a converter output constant, controlling converter output DC voltage. By raising amplitude and frequency of a sine wave which are a fundamental wave, and lowering offset, control brought close to a setting-out energization period of said PAM control gradually is performed, converter output voltage after shifting to a setting-out

energization period is controlled, and a setting-out energization period is switched to PAM control considered as all the energization.

[Claim 3]A direct-current-voltage variable-converters part provided with a means to change exchange into a direct current and to control direct current voltage.

a means to make output voltage of said converter part amplitude, to control duty of a carrier frequency, and to control output voltage -- a means to change both direct current into exchange corresponding to number of rotations of a motor.

Being a control device of a brushless motor provided with the above, and maintaining uniformly motor rotation frequency and a magnetic flux amount of a 1-round period at the time of said control-system change. From PWM control of sinusoidal abnormal conditions set constant, direct current voltage of a converter output. A sine wave is brought close to a square wave which considers an energization period as all the energization 180 degrees gradually, dropping converter output DC voltage, and it brings close to a setting-out energization period of said PAM control gradually after shifting to all the energization square waves 180 degrees, controlling converter output voltage, and switches to PAM control.

[Claim 4]A control device of the brushless motor according to any one of claims 1 to 3 which was made to switch while changing to maintaining uniformly number of rotations of a motor, and a magnetic flux amount of a 1-round period at the time of a control-system change and making number of rotations of a motor, and a magnetic flux amount of a 1-round period shift.

[Translation done.]

* NOTICES *

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]This invention relates to the inverter control device which drives the three-phase-circuit DC brushless motor of sensor loess.

[0002]

[Description of the Prior Art]The example of sine wave control of the three-phase-circuit DC brushless motor of conventional sensor loess is explained using drawing 16.

[0003]Drawing 16 is an example of a circuit diagram in the case of carrying out sine wave driving of the three-phase-circuit DC brushless motor of conventional sensor loess. In the figure, it is a current sensor from which the inverter part for generating the converter part which changes 1 into AC power supply, and from which 2 changes exchange into a direct current, and the volts alternating current which inputs 3 into a motor, and 4 detect a three-phase-circuit DC brushless motor from a direct current, 5 detects control circuits, such as a microcomputer, and 6 detects the current of the motor 4. The control circuit 5 incorporated the motor current value of the motor 4 from the current sensor 6, and controlled the sinusoidal wave output voltage of the inverter part 3 based on the position information etc. which presumed and presumed the position of the rotator of the motor 4 by this, and efficient speed control of a motor is realized.

[0004]There is a maximum in the revolving speed of the sine wave control of the former, and the reason is explained below.

[0005]In sine wave control, in order to raise the number of rotations of a motor without carrying out pressure up of the output DC voltage of a converter part, generally weak field control is performed, but if this control is performed, motor efficiency will fall. However, if pressure up of the output DC voltage of a converter part is carried out as this measure and sine wave control is performed, leak current and the problem of the increase in the switching loss of an inverter part will occur.

[0006]Since motor current will serve as a perverted sine wave fluctuated for every carrier frequency if motor rotation frequency is raised, rotor position estimation precision gets

worse. Aggravation of position estimation precision causes a power swing of a motor, an over-current, and efficiency aggravation. If a carrier frequency is raised as this measure several high-rotational 00, the distortion of current can be reduced, but leak current and the problem of the increase in switching loss occur like the above-mentioned case.

[0007]As for the sensor loess sine wave control of the motor, from these reasons, the maximum was set as the speed-control possible range.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]Although the sensor loess sine wave control of the conventional motor provided the maximum in the speed-control range as mentioned above, in order that it might extend the speed-control range, the control concept of switching to PAM control from sine wave control at the time of a high velocity revolution was proposed. Drawing 1 is a circuit diagram in the case of performing this control. It is [here,] a DC voltage control circuit where 7 is contained in the converter part 2, and, as for 8, the position detecting circuit of a motor rotor and V_{DC} are the output voltage of a DC voltage control circuit. In the figure, PAM control is realized by controlling DC voltage control circuit 7.

[0009]If PAM control is performed in the energization period set as less than 180 degrees 120 degrees or more at the time of a high velocity revolution, since a rotor position is detectable by an unenergized period, control precision will go up. From the converter part 2 having DC voltage control circuit 7, since the pressure up of the inverter-output-voltage V_{DC} can be carried out and it becomes unnecessary to perform weak field control also at the time of a high velocity revolution, decline in motor efficiency can be prevented. Leak current and switching loss can be reduced from considering it as the square wave which furthermore is not switched with a carrier frequency. Therefore, the speed-control range can be extended to a high rpm.

[0010]However, about the above-mentioned control change, the switching means was not proposed conventionally. Here, when it switches rapidly temporarily, the following technical problems occur.

[0011]The low-speed area of a voltage current waveform of the above-mentioned control (sine wave control) is shown in drawing 17, and a high speed area (PAM control) is shown in drawing 18. In the figure, v_{UN} is the terminal voltage of U phase and i_U is winding current of U phase. Sine wave control differs in a current wave form greatly from PAM control so that clearly from drawing 17 and comparison of 18. This shows that the magnetic field of a motor stator changes a lot in the case of this control change, and in this way, sudden change of a magnetic field becomes a cause by which the power swing and over-current of a motor flow, the protection circuit operates, and when a motor stops or an over-current flows, it also becomes the demagnetization of a motor, and a cause of destruction of a power element.

[0012]It aims at providing the smooth migration method in the case of rotating by sine wave

control at the time of a low speed rotary, and rotating a motor by PAM control at the time of a high velocity revolution, in order that this invention may solve the technical problem of such a control change.

[0013]

[Means for Solving the Problem] In order to solve an aforementioned problem, when rotating by PAM control in which a motor was formed at the time of a low speed rotary, and an unenergized period was provided at the time of sine wave control and a high velocity revolution, this invention, maintaining a magnetic flux amount of a period uniformly 1 round with motor rotation frequency at the time of a control-system change. A means to shift control gradually is provided so that current may not change suddenly.

[0014] As a control system besides the above, a shift method of the invention of this invention according to claim 1 is taken up for explanation. In the invention according to claim 1, output-DC-voltage V_{DC} of a converter as the 1st step from PWM control of sinusoidal abnormal conditions set constant, Maintaining uniformly motor rotation frequency and a magnetic flux amount of a 1-round period, converter output voltage V_{DC} is held uniformly and performs control which lowers amplitude and frequency of a sine wave which are a fundamental wave, raises offset, narrows an energization period gradually, and is brought close to a setting-out energization period of PAM control. Maintaining uniformly motor rotation frequency and a magnetic flux amount of a 1-round period like the 1st step as the 2nd step, after an energization period shifts to a setting-out energization period of PAM control, converter output voltage V_{DC} is controlled and an energization period is made all the energization.

[0015] By taking such means, a change in a case of rotating by sine wave control at the time of a low speed rotary, and rotating a motor by PAM control at the time of a high velocity revolution can be realized without causing a power swing of a motor, and overcurrent protection operation.

[0016]

[Embodiment of the Invention] The invention according to claim 1 a motor as mentioned above at the time of a low speed rotary The PWM control of sinusoidal abnormal conditions, At the time of a high velocity revolution, when rotating an energization period by the PAM control set as less than 180 degrees 120 degrees or more, maintaining uniformly motor rotation frequency and the magnetic flux amount of a 1-round period at the time of a control-system change. As the 1st step, converter output voltage V_{DC} is held uniformly, After lower the amplitude and frequency of a sine wave which are a fundamental wave, raising offset, narrowing an energization period gradually, bringing an energization period close to the setting-out energization period of said PAM control and an energization period's shifting to set time, as the 2nd step, Control which controls converter output voltage V_{DC} and shifts an energization period to all the energization gradually is performed.

[0017]According to this control, the change in the case of rotating by sine wave control at the time of a low speed rotary, and rotating a motor by PAM control at the time of a high velocity revolution can be smoothly realized without causing the power swing of a motor, and overcurrent protection operation.

[0018]The invention according to claim 2 a motor like the invention according to claim 1 at the time of a low speed rotary The PWM control of sinusoidal abnormal conditions, At the time of a high velocity revolution, when rotating an energization period by the PAM control set as less than 180 degrees 120 degrees or more, maintaining uniformly motor rotation frequency and the magnetic flux amount of a 1-round period at the time of a control-system change. As the 1st step, carrying out pressure up of the converter output voltage V_{DC} . After raise the amplitude and frequency of a sine wave which are a fundamental wave, lowering offset, narrowing an energization angle gradually, bringing close to the set time of said PAM control and shifting to a setting-out energization period, as the 2nd step, Control which controls converter output voltage V_{DC} and shifts an energization period to all the energization 120 degrees gradually is performed. According to this control, like claim 1, a change can be smoothly realized without causing the power swing of a motor, and overcurrent protection operation.

[0019]The invention according to claim 3 a motor like an invention given in claims 1 and 2 at the time of a low speed rotary The PWM control of sinusoidal abnormal conditions, At the time of a high velocity revolution, when rotating an energization period by the PAM control set as less than 180 degrees 120 degrees or more, maintaining uniformly motor rotation frequency and the magnetic flux amount of a 1-round period at the time of a control-system change. After lowering the pressure of converter output voltage V_{DC} , bringing gradually the energization period of the sine wave which is a fundamental wave close to all the energization as the 1st step and an energization period's shifting to all the energization, as the 2nd step, Control which carries out pressure up of the converter output voltage V_{DC} , and shifts an energization period to the setting-out energization period of said PAM control gradually is performed. According to this control, like an invention given in claims 1 and 2, a change can be smoothly realized without causing the power swing of a motor, and overcurrent protection operation.

[0020]The invention according to claim 4 a motor at the time of a low speed rotary The PWM control of sinusoidal abnormal conditions, At the time of a high velocity revolution, when rotating an energization period by the PAM control set as less than 180 degrees 120 degrees or more, it carries out, claims 1 and 2 and the control-system switching method of an invention of three changing motor rotation frequency gradually, and controlling the magnetic flux amount of a period 1 round. According to this control, like an invention given in claims 1, 2, and 3, a change can be smoothly realized without causing the power swing of a motor, and overcurrent protection operation, and since the change of a control system

can be further made quick, a rotating speed command can be reached quickly.

[0021]The embodiment of this invention is described with reference to drawings below.

[0022](Embodiment 1) Drawing 1 is an electronic circuit figure for realizing control of this embodiment. The converter part which changes 1 into AC power supply and from which 2 changes exchange into a direct current in the figure, An inverter part for 3 to generate the volts alternating current inputted into a motor from a direct current, The position detecting circuit of a motor rotor and V_{DC} are a current sensor from which 4 detects a three-phase-circuit DC brushless motor, 5 detects control circuits, such as a microcomputer, and 6 detects the current of the motor 4, and a DC voltage control circuit where 7 is contained in the converter part 2, and 8 is the output voltage of a DC voltage control circuit.

[0023]The motor current value of the motor 4 is incorporated into the control circuit 5 from the current sensor 6, and the output voltage of the inverter part 3 is controlled by sine wave control in a motor low rpm based on this based on the position information etc. which presumed and presumed the position of the rotator of the motor 4 in the control circuit 5. On the other hand, in the 120-degree energization PAM control in a motor high rpm. The output signal of the position detecting circuit of a motor rotor is incorporated into the control circuit 5, the position of a motor rotor is detected in the control circuit 5 based on this, and output voltage V_{DC} of the converter part 2 and the output voltage of the inverter part 3 are controlled via DC voltage control circuit 7 based on this.

[0024]When raising number of rotations by this embodiment, the key map of the switching control which shifts to the PAM control of energization 120 degrees from the above-mentioned sine wave control is shown in drawing 2. In this embodiment, a control change is divided into two steps like drawing 2. In the 1st step, converter output voltage V_{DC} is maintained uniformly, lowers the amplitude and frequency of a sine wave, raises offset, narrows an energization period gradually, and brings an energization period close to 120 degrees. After an energization period shifts to 120 degrees, as the 2nd step, the pressure of converter output voltage V_{DC} is lowered, and it shifts to all the energization control of an energization period 120 degrees gradually.

[0025]The control change of a voltage current waveform in this embodiment is explained using drawing 3, and 4, 5 and 6. Here, v_{UN} is U-phase terminal voltage and i_U is U phase motor current. Drawing 3 is a voltage current waveform of sine wave control. Motor current i_U serves as a sine wave of phase lag to terminal voltage v_{UN} by which sine wave control was carried out. The waveform at the time of the 1st-step control change is shown in drawing 4 and 5. Drawing 4 is a waveform in early stages of the 1st step of a control transfer, and drawing 5 is a waveform at the time of the end of the 1st step of a control transfer. Converter output-DC-voltage V_{DC} is constant, and it is controlled by the 1st-step control change to maintain the magnetic flux amount between one cycle by considering it as the waveform which lowers frequency and amplitude for a fundamental wave compared

with the sine wave of drawing 3, and raises offset in order to narrow an energization angle. [0026]That is, if the sine wave of drawing 3 is set to $V_{UN}=A\sin(2\pi ft)+B$, in the 1st step of a control change, like drawing 4 and 5, the maximum of v_{UN} is constant value, it will lower the amplitude A and the frequency f, will enlarge offset B, and will perform control which narrows an energization angle. At this time, the magnetic flux amount of periodic time is fixed by controlling to make equal area of S1 and S2 of the figure. By this control, an energization angle is narrowed to 120 degrees.

[0027]Drawing 6 shows the waveform shift at the time of the 2nd-step control change. Bringing close to the 120-degree square wave to which a 120-degree energization period considers a fundamental wave as all the energization, the pressure of converter output voltage V_{DC} is lowered, and it is controlling by the 2nd-step control change to maintain the magnetic flux amount of a period 1 round. Thus, where number of rotations and the magnetic flux amount of a 1-round period are held uniformly, it shifts to the opening-of-the-whole-traffic electric wave type of 120 degrees from a sine wave, and control is switched to PAM control.

[0028]By the above control switching methods, in this embodiment, in order to extend a speed variable range, the change in the case of rotating by sine wave control at the time of a low speed rotary, and rotating a motor by PAM control at the time of a high velocity revolution can be smoothly realized without causing the power swing of a motor, and overcurrent protection operation.

[0029](Embodiment 2) The electronic circuit figure for realizing control of this embodiment is the same as that of Embodiment 1.

[0030]When raising number of rotations by this embodiment, the key map of the switching control which shifts to the PAM control of energization 120 degrees from sine wave control is shown in drawing 7. The control change of this embodiment is divided into two steps like drawing 7. In the 1st step, the amplitude and frequency of a sine wave are raised, offset is lowered, carrying out pressure up of the converter output voltage V_{DC} , and an energization period is narrowed by bringing the half cycle of a sine wave close to 120 degrees from 180 degrees gradually. After an energization period shifts to 120 degrees, as the 2nd step, the pressure of converter output voltage V_{DC} is lowered, and it shifts to all the energization control of an energization period 120 degrees gradually.

[0031]The control change of a voltage current waveform in this embodiment is explained using drawing 3, and 8, 9, 10 and 11. Drawing 3 is a voltage current waveform of the sine wave control before a control change, as Embodiment 1 described, and it always maintains uniformly the number of rotations of drawing 3, and the magnetic flux amount of a 1-round period at the time of a control change.

[0032]The waveform at the time of the 1st-step control change is shown in drawing 8, and 9 and 10. As for the waveform in early stages of the 1st step of a control transfer, and

drawing 9, the middle waveform and drawing 10 of drawing 8 are the waveforms at the time of the end.

[0033]It is controlling by the 1st-step control change by raising the amplitude and frequency of a sine wave and lowering offset to maintain the magnetic flux amount between one cycle, carrying out pressure up of the converter output-DC-voltage V_{DC} , in order to narrow an energization angle.

[0034]That is, if the sine wave of drawing 3 is set to $V_{UN}=A\sin(2\pi ft)+B$ like Embodiment 1, in the 1st step of a control change, the amplitude A and the frequency f will be raised, the offset B will be lowered like drawing 8, and 9 and 10, and control which narrows an energization angle will be performed. At this time, the magnetic flux amount of periodic time is uniformly maintained by controlling to make equal area of S3 and S4 of the figure. By this, an energization angle is narrowed to 120 degrees like drawing 10.

[0035]Drawing 11 shows the waveform shift at the time of the 2nd-step control change. In order to bring close to the 120-degree square wave to which a 120-degree energization period considers a fundamental wave as all the energization, the pressure of converter output voltage V_{DC} is lowered, and it is controlling by the 2nd-step control change to maintain the magnetic flux amount of a period 1 round. Thus, where number of rotations and the magnetic flux amount of a 1-round period are held uniformly, it shifts to the opening-of-the-whole-traffic electric wave type of 120 degrees from a sine wave, and control is switched to PAM control.

[0036]By the above control switching methods, in this embodiment, in order to extend a speed variable range, the change in the case of rotating by sine wave control at the time of a low speed rotary, and rotating a motor by PAM control at the time of a high velocity revolution can be smoothly realized without causing the power swing of a motor, and overcurrent protection operation.

[0037](Embodiment 3) The electronic circuit figure for realizing control of this embodiment is the same as that of Embodiment 1.

[0038]When raising number of rotations by this embodiment, the key map of the switching control which shifts to the PAM control of energization 120 degrees from sine wave control is shown in drawing 12. The control change of this embodiment is divided into two steps like drawing 12. In the 1st step, a sine wave is gradually switched to all the energization 180 degrees, lowering the pressure of converter output voltage V_{DC} . After an energization period shifts to all the energization 180 degrees, as the 2nd step, pressure up of the converter output voltage V_{DC} is carried out, an energization period is narrowed gradually, and it shifts to all the 120 energization.

[0039]The control change of a voltage current waveform in this embodiment is explained using drawing 3, and 13, 14 and 15. Drawing 3 is a voltage current waveform of the sine wave control before a control change, as Embodiments 1 and 2 described, and it always

maintains uniformly the number of rotations of drawing 3, and the magnetic flux amount of a 1-round period at the time of a control change. The waveform at the time of the 1st-step control change is shown in drawing 13 and 14. Drawing 13 is a waveform in early stages of the 1st step of a control transfer, and drawing 14 is a waveform at the time of the end. Bringing a sine wave close to all the 180 energization, as shown in the figure, by lowering the pressure of converter output-DC-voltage V_{DC} , the area of the Drawings S5 and S6 is kept constant, and it is controlling by the 1st-step control change to maintain the magnetic flux amount between one cycle. By this, control is shifted to all the energization 180 degrees like drawing 14.

[0040]Drawing 15 shows the waveform shift at the time of the 2nd-step control change. It is controlling by the 2nd-step control change to maintain the magnetic flux amount of a period 1 round by keeping constant the area of the Drawings S7 and S8, and carrying out pressure up of the converter output voltage V_{DC} for energization to 120 degrees with slight straitness 180 degrees. Thus, where number of rotations and the magnetic flux amount of a 1-round period are held uniformly, it shifts to an energization waveform 120 degrees from a sine wave, and control is switched to PAM control.

[0041]By the above control switching methods, in this embodiment, in order to extend a speed variable range, the change in the case of rotating by sine wave control at the time of a low speed rotary, and rotating a motor by PAM control at the time of a high velocity revolution can be smoothly realized without causing the power swing of a motor, and overcurrent protection operation.

[0042]Although sine wave control is made into the waveform which impresses sine voltage to a motor-winding terminal in each aforementioned embodiment, it is also possible to carry out the seal of approval of the voltage which added the 3rd harmonic content to the sine wave to a motor-winding terminal, and to switch this invention by making an interphase voltage into a sine wave.

[0043]Although each aforementioned embodiment is considering it as the example switched to the PAM control of energization 120 degrees at the time of a high velocity revolution, switching, for example to the PAM control of wide angle energization of 135 degrees, 150 etc. degrees, etc. can also be carried out based on this invention.

[0044]As for the inclination of the change to the time of output-DC-voltage V_{DC} of the converter part 2 at the time of the control change illustrated to above-mentioned drawing 2, drawing 7, and drawing 12, it is good not to be as in the figure and not to be proportionality as shown in a figure. This invention can adjust and carry out the inclination of direct-current-voltage V_{DC} , etc.

[0045]It is also possible to carry out, while number of rotations also makes the control change of each aforementioned embodiment shift simultaneously.

[0046]

[Effect of the Invention]The invention according to claim 1 a motor at the time of a low

speed rotary The PWM control of sinusoidal abnormal conditions, At the time of a high velocity revolution, when rotating an energization period by the PAM control set as less than 180 degrees 120 degrees or more, maintaining uniformly motor rotation frequency and the magnetic flux amount of a 1-round period at the time of a control-system change. As the 1st step, converter output voltage V_{DC} is held uniformly, After lowering the amplitude and frequency of a sine wave which are a fundamental wave, raising offset, bringing close to the period which narrowed the energization period gradually and set up the energization period by said PAM control and an energization period's shifting to set time, as the 2nd step, Control which controls converter output voltage V_{DC} and shifts an energization period to all the energization gradually is performed. According to this control, the change in the case of rotating by sine wave control at the time of a low speed rotary, and rotating a motor by PAM control at the time of a high velocity revolution can be smoothly realized without causing the power swing of a motor, and overcurrent protection operation, so that clearly from the above-mentioned Embodiment 1.

[0047]The invention according to claim 2 a motor at the time of a low speed rotary The PWM control of sinusoidal abnormal conditions, At the time of a high velocity revolution, when rotating an energization period by the PAM control set as less than 180 degrees 120 degrees or more, maintaining uniformly motor rotation frequency and the magnetic flux amount of a 1-round period at the time of a control-system change. As the 1st step, carrying out pressure up of the converter output voltage V_{DC} . After raising the amplitude and frequency of a sine wave which are a fundamental wave, lowering offset, bringing close to the period which narrowed the energization angle gradually and was set up by said PAM control and shifting to set time energization, as the 2nd step, Control which controls converter output voltage V_{DC} and shifts an energization period to all the energization 120 degrees gradually is performed. According to this control, a control change can be smoothly realized like claim 1 without causing the power swing of a motor, and overcurrent protection operation, so that clearly from Embodiment 2.

[0048]The invention according to claim 3 a motor at the time of a low speed rotary The PWM control of sinusoidal abnormal conditions, At the time of a high velocity revolution, when rotating an energization period by the PAM control set as less than 180 degrees 120 degrees or more, maintaining uniformly motor rotation frequency and the magnetic flux amount of a 1-round period at the time of a control-system change. After it brings gradually the energization period of the sine wave which is a fundamental wave close to all the energization and an energization period shifts to all the energization as the 1st step, lowering the pressure of converter output voltage V_{DC} , as the 2nd step, Control which shifts to the period which carried out pressure up of the converter output voltage V_{DC} , and set up the energization period by said PAM control gradually is performed. According to this control, a change can be smoothly realized like an invention given in claims 1 and 2 without

causing the power swing of a motor, and overcurrent protection operation, so that clearly from Embodiment 3.

[0049]The invention according to claim 4 a motor at the time of a low speed rotary The PWM control of sinusoidal abnormal conditions, At the time of a high velocity revolution, when rotating an energization period by the PAM control set as less than 180 degrees 120 degrees or more, claim 1 or 2 or the control change method of an invention given in three is carried out, while motor rotation frequency is changed gradually and the magnetic flux amount of a period also controls it 1 round. According to this control, like an invention given in claims 1, 2, and 3, a change can be smoothly realized without causing the power swing of a motor, and overcurrent protection operation, and since the change of a control system can be further made quick, a rotating speed command can be reached quickly.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]The circuit diagram of Embodiment 1 of the control device of this invention

[Drawing 2]The control concept figure of the Embodiment 1

[Drawing 3]The figure showing the voltage waveform of the sine wave control of the Embodiment 1

[Drawing 4]The figure showing the waveform in early stages of [1st step of change] the Embodiment 1

[Drawing 5]The figure showing the waveform at the time of the end of the 1st step of a change of the Embodiment 1

[Drawing 6]The figure showing the waveform at the time of the end of the 2nd step of a change of the Embodiment 1

[Drawing 7]The control-concept figure of Embodiment 2 of the control device of this invention

[Drawing 8]The figure showing the waveform in early stages of [1st step of change] the Embodiment 2

[Drawing 9]The figure showing the waveform in the middle of [1st step of change] the Embodiment 2

[Drawing 10]The figure showing the waveform at the time of the end of the 1st step of a change of the Embodiment 2

[Drawing 11]The figure showing the waveform at the time of the end of the 2nd step of a change of the Embodiment 2

[Drawing 12]The control-concept figure of Embodiment 3 of the control device of this invention

[Drawing 13]The figure showing the waveform in early stages of [1st step of change] the Embodiment 3

[Drawing 14]The figure showing the waveform at the time of the end of the 1st step of a change of the Embodiment 3

[Drawing 15]The figure showing the waveform at the time of the end of the 2nd step of a

change of the Embodiment 3

[Drawing 16]The circuit diagram of the conventional control device

[Drawing 17]The figure showing the sine-wave-control waveform at the time of the low rotational frequency of the conventional control device

[Drawing 18]The figure showing the PAM control waveform of several high-rotational 00 of the conventional control device

[Description of Notations]

1 AC power supply

2 Converter part

3 Inverter part

4 Three-phase-circuit DC brushless motor

5 Control circuit

6 Current sensor

7 DC voltage control circuit

8 The position detecting circuit of a motor rotor

[Translation done.]

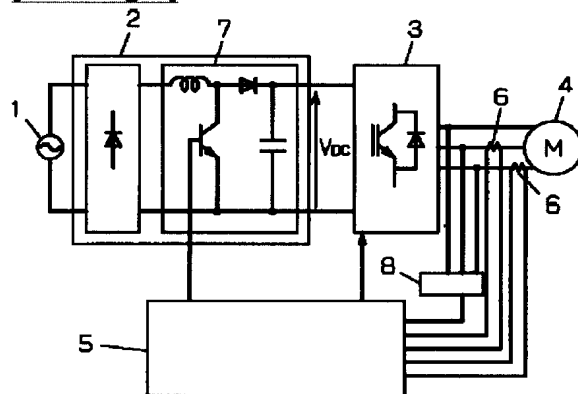
* NOTICES *

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

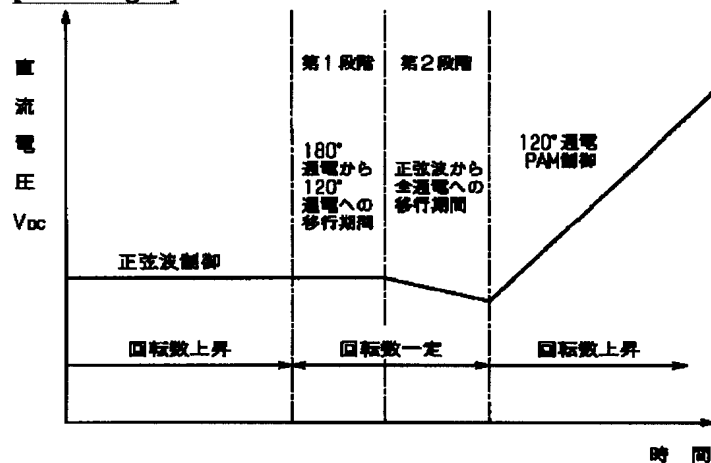
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

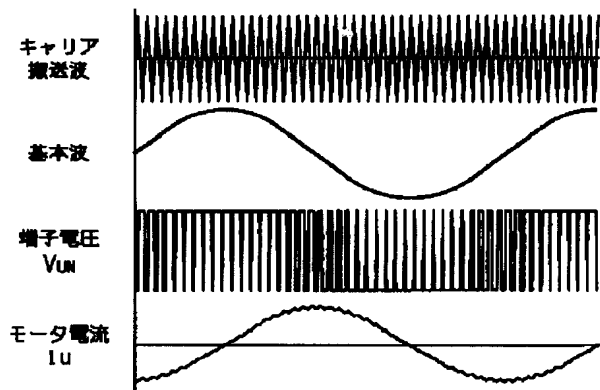
[Drawing 1]



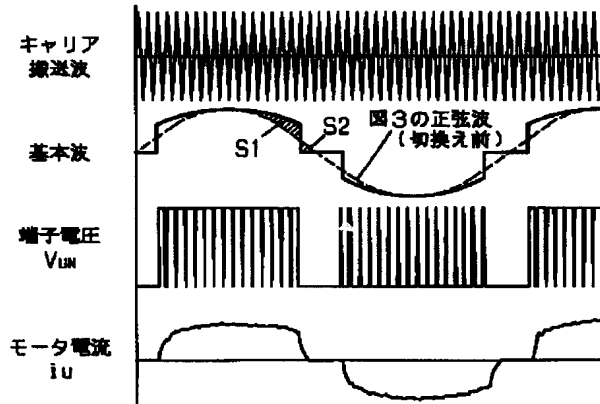
[Drawing 2]



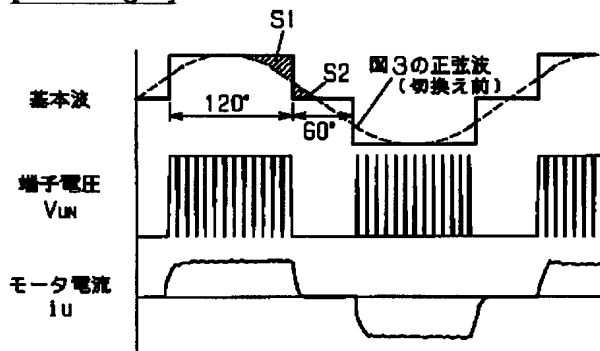
[Drawing 3]



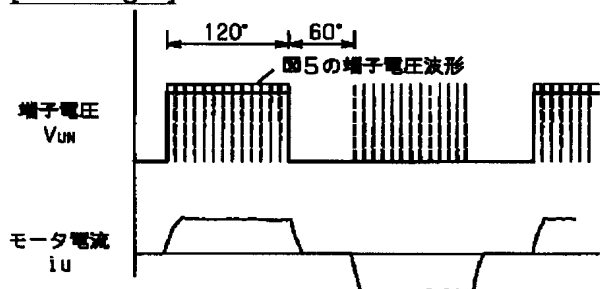
[Drawing 4]



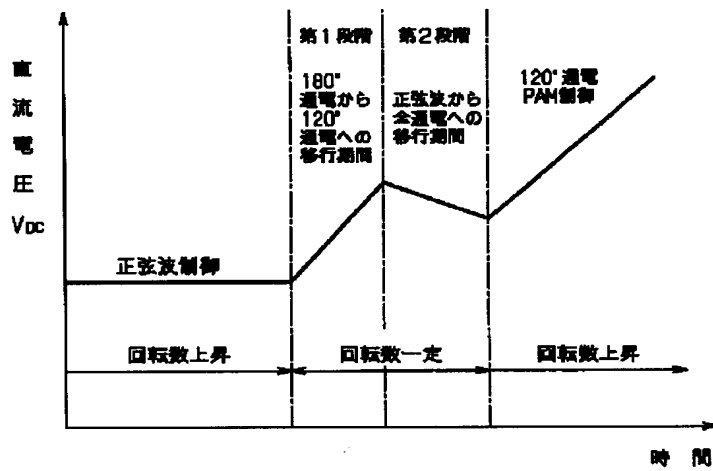
[Drawing 5]



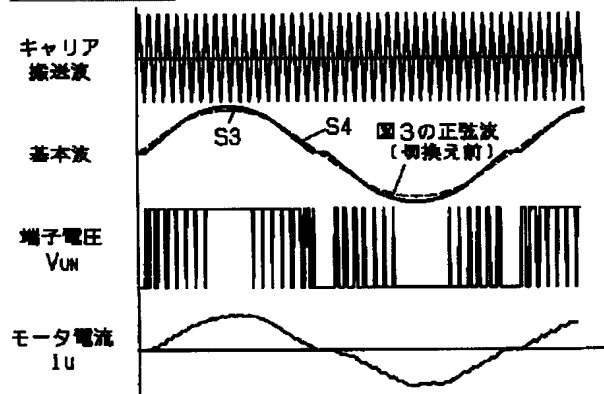
[Drawing 6]



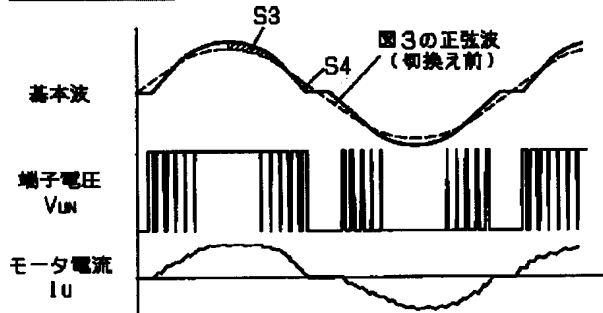
[Drawing 7]



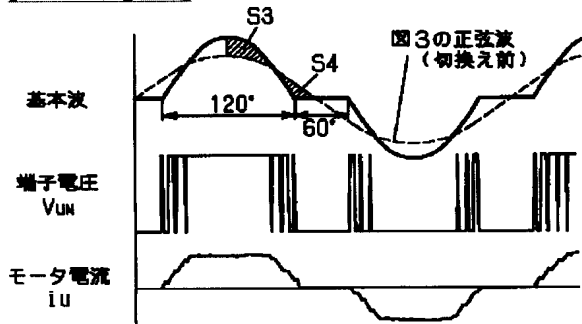
[Drawing 8]



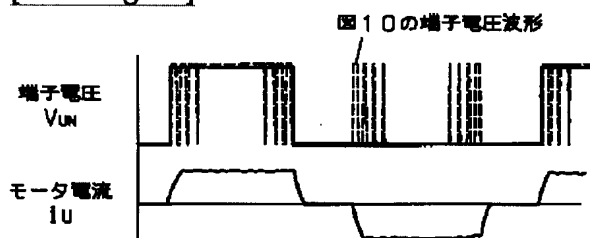
[Drawing 9]



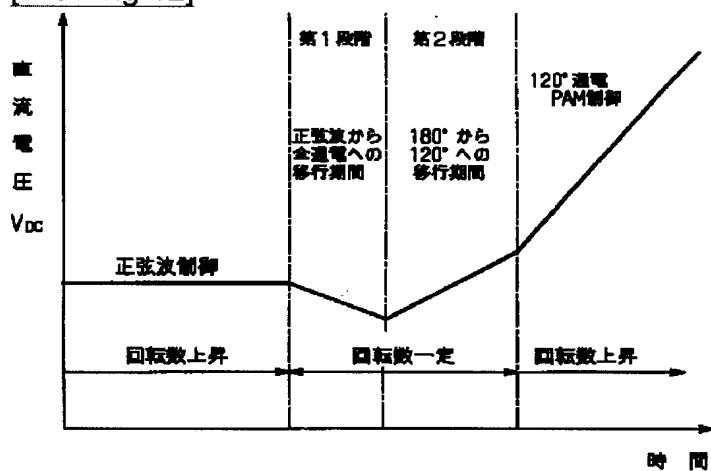
[Drawing 10]



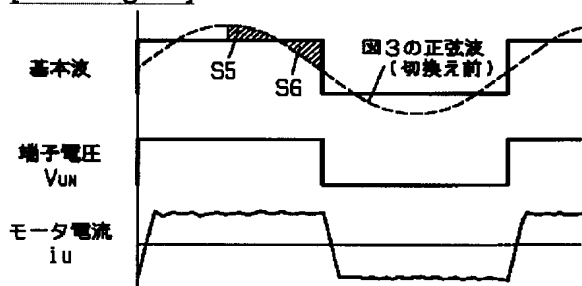
[Drawing 11]



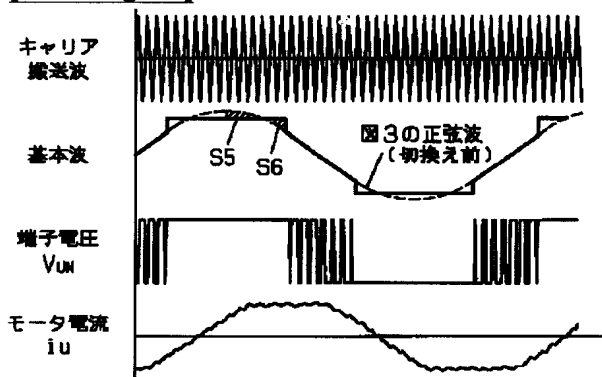
[Drawing 12]



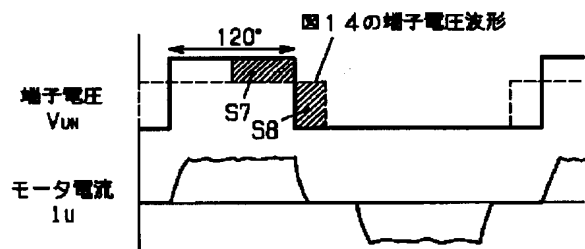
[Drawing 14]



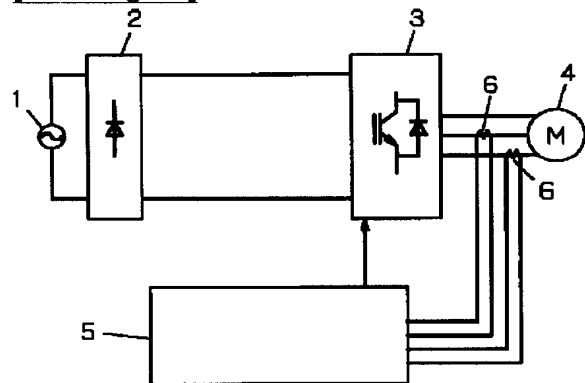
[Drawing 13]



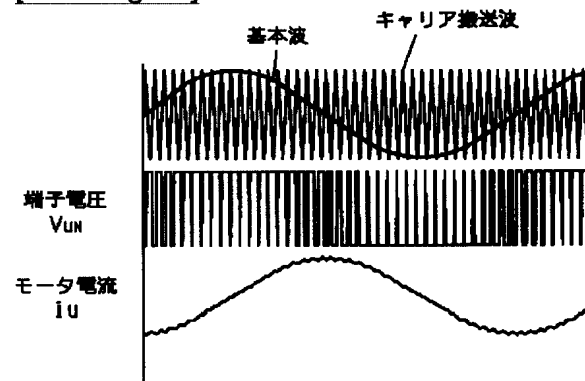
[Drawing 15]



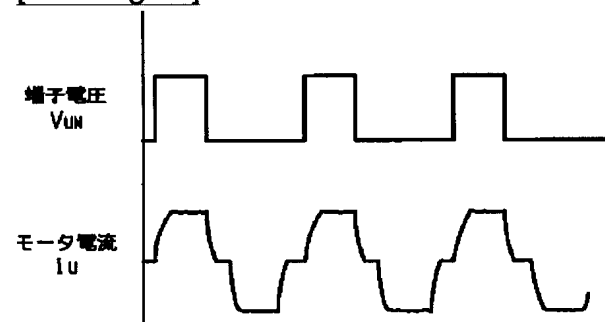
[Drawing 16]



[Drawing 17]



[Drawing 18]



[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-350487

(P2000-350487A)

(43)公開日 平成12年12月15日 (2000. 12. 15)

(51)Int.Cl.⁷

H 0 2 P 6/08

識別記号

F I

H 0 2 P 6/02

テーマコード(参考)

3 5 1 J 5 H 5 6 0

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 9 頁)

(21)出願番号

特願平11-153287

(22)出願日

平成11年6月1日(1999. 6. 1)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 舟橋 千純

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 所谷 良裕

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74)代理人 100097445

弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

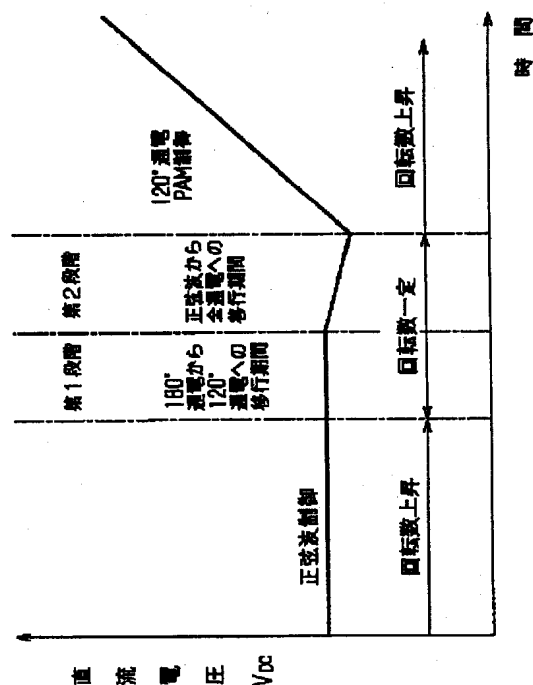
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ブラシレスモータの制御装置

(57)【要約】

【課題】 従来のモータのセンサレス正弦波制御は、漏洩電流やインバータ部のスイッチング損失の増加、回転子位置推定精度の悪化等の問題から速度制御範囲に上限を設けたものであったが、速度制御範囲を広げるため、高速回転時には正弦波制御から未通電期間を設けたP A M制御に切り換える制御が提案されていた。しかし、この制御切り換えを急激に行うと、保護回路が動作してモータが停止したり、過電流が流れることによりモータの減磁やパワー素子の破壊の原因にもなり、切り換えの方法が課題となっていた。

【解決手段】 本発明は、前記制御方式切り換え時にはモータ回転数と1周期間の磁束量を一定に維持しながら、電流が急変しないように、徐々に制御を移行する手段を提供するものである。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】交流を直流に変換しかつ直流電圧を制御する手段を備えた直流電圧可変コンバータ部と、前記コンバータ部の出力電圧を振幅としキャリア周波数のデューティを制御して出力電圧を制御する手段とともに直流をモータの回転数に対応した交流に変換する手段を備えたインバータ部を具備し、ブラシレスモータの回転数が低い領域では、前記コンバータ部の出力直流電圧を一定に維持するとともに前記インバータ部で正弦波変調の PWM 制御電圧を出力することによってモータを制御し、前記回転数が高い領域では、前記コンバータ部の出力直流電圧を制御して前記インバータ部は 120 度以上 180 度未満に設定した通電期間を全通電とする PAM 制御に切換えて前記ブラシレスモータを制御する制御装置であって、

前記制御方式の切り換え時にはモータ回転数と 1 周期間の磁束量を一定に維持しながら、コンバータ出力の直流電圧を一定とした正弦波変調の PWM 制御から、コンバータ出力電圧は一定に保持し、基本波である正弦波の振幅と周波数を下げオフセットを上げることによって徐々に前記 PAM 制御の設定通電期間に近づける制御を行い、設定通電期間に移行後、コンバータ出力電圧を制御して設定通電期間は全通電とする PAM 制御に切り換えることを特徴とするブラシレスモータの制御装置。

【請求項 2】交流を直流に変換しかつ直流電圧を制御する手段を備えた直流電圧可変コンバータ部と、前記コンバータ部の出力電圧を振幅としキャリア周波数のデューティを制御して出力電圧を制御する手段とともに直流をモータの回転数に対応した交流に変換する手段を備えたインバータ部を具備し、ブラシレスモータの回転数が低い領域では、前記コンバータ部の出力直流電圧を一定に維持するとともに前記インバータ部で正弦波変調の PWM 制御電圧を出力することによってモータを制御し、前記回転数が高い領域では、前記コンバータ部の出力直流電圧を制御して前記インバータ部は 120 度以上 180 度未満に設定した通電期間を全通電とする PAM 制御に切換えて前記ブラシレスモータを制御する制御装置であって、

前記制御方式切り換え時にはモータ回転数と 1 周期間の磁束量を一定に維持しながら、コンバータ出力の直流電圧を一定とした正弦波変調の PWM 制御から、コンバータ出力直流電圧を制御しながら、基本波である正弦波の振幅と周波数を上げオフセットを下げることによって徐々に前記 PAM 制御の設定通電期間に近づける制御を行い、設定通電期間に移行後、コンバータ出力電圧を制御して設定通電期間は全通電とする PAM 制御に切り換えることを特徴とするブラシレスモータの制御装置。

【請求項 3】交流を直流に変換しかつ直流電圧を制御する手段を備えた直流電圧可変コンバータ部と、前記コンバータ部の出力電圧を振幅としキャリア周波数のデュー

ティを制御して出力電圧を制御する手段とともに直流をモータの回転数に対応した交流に変換する手段を備えたインバータ部を具備し、ブラシレスモータの回転数が低い領域では、前記コンバータ部の出力直流電圧を一定に維持するとともに前記インバータ部で正弦波変調の PWM 制御電圧を出力することによってモータを制御し、前記回転数が高い領域では、前記コンバータ部の出力直流電圧を制御して前記インバータ部は 120 度以上 180 度未満に設定した通電期間を全通電とする PAM 制御に切換えて前記ブラシレスモータを制御する制御装置であって、

前記制御方式切り換え時にはモータ回転数と 1 周期間の磁束量を一定に維持しながら、コンバータ出力の直流電圧を一定とした正弦波変調の PWM 制御から、コンバータ出力直流電圧を下げながら正弦波を徐々に 180 度通電期間を全通電とする矩形波に近づけ、180 度全通電矩形波に移行後、コンバータ出力電圧を制御しながら徐々に前記 PAM 制御の設定通電期間に近づけ、PAM 制御に切り換えることを特徴とするブラシレスモータの制御装置。

【請求項 4】制御方式切り換え時に、モータの回転数と 1 周期間の磁束量を一定に維持することに替え、モータの回転数と 1 周期間の磁束量を移行させながら切換えを行うようにした請求項 1 から 3 のいずれかに記載のブラシレスモータの制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、センサレスの 3 相 DC ブラシレスモータを駆動するインバータ制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来のセンサレスの 3 相 DC ブラシレスモータの正弦波制御例について図 16 を用いて説明する。

【0003】図 16 は、従来のセンサレスの 3 相 DC ブラシレスモータを正弦波駆動する場合の回路図例である。同図において、1 は交流電源、2 は交流を直流に変換するコンバータ部、3 は直流からモータに入力する交流電圧を生成するためのインバータ部、4 は 3 相 DC ブラシレスモータ、5 はマイクロコンピュータ等の制御回路、6 はモータ 4 の電流を検出する電流センサである。制御回路 5 は、モータ 4 のモータ電流値を電流センサ 6 から取り込み、これによりモータ 4 の回転子の位置を推定し、推定した位置情報等をもとにしてインバータ部 3 の正弦波出力電圧を制御し、モータの高効率な速度制御を実現している。

【0004】同従来の正弦波制御の回転速度には上限があり、以下にその理由について説明する。

【0005】正弦波制御において、コンバータ部の出力直流電圧を昇圧しないでモータの回転数を上げるために

は、一般に弱め界磁制御が行われているが、本制御を行うとモータ効率が低下する。しかし、この対策としてコンバータ部の出力直流電圧を昇圧して正弦波制御を行うと、漏洩電流やインバータ部のスイッチング損失の増加といった問題が発生する。

【0006】また、モータ回転数を上げると、モータ電流はキャリア周波数毎に増減する歪んだ正弦波となるので、回転子位置推定精度が悪化する。位置推定精度の悪化は、モータの脱調や過電流、効率悪化の原因となる。この対策として高回転数時にキャリア周波数を上げると電流の歪みは低減できるが、前述の場合と同様に漏洩電流やスイッチング損失の増加といった問題が発生する。

【0007】これらの理由から、モータのセンサレス正弦波制御は、速度制御可能範囲に上限が設定されたものであった。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】前述のように従来のモータのセンサレス正弦波制御は、速度制御範囲に上限を設けたものであったが、速度制御範囲を広げるため、高速回転時には正弦波制御からPAM制御に切り換えるという制御概念が提案されていた。図1はこの制御を行う場合の回路図である。ここで、7はコンバータ部2に含まれる直流電圧制御回路、8はモータ回転子の位置検出回路、 V_{dc} は直流電圧制御回路の出力電圧である。同図において、直流電圧制御回路7を制御することによって、PAM制御を実現している。

【0009】高速回転時に120度以上180度未満に設定された通電期間でPAM制御を行えば、未通電期間により回転子位置が検出できるので制御精度が上がる。また、コンバータ部2に直流電圧制御回路7があることにより、インバータ出力電圧 V_{dc} を昇圧できるので高速回転時にも弱め界磁制御を行う必要がなくなるため、モータ効率の低下を防止することができる。さらにキャリア周波数でスイッチングしない矩形波とすることにより、漏洩電流やスイッチング損失を低減できる。よって、速度制御範囲を高速回転域に広げることができる。

【0010】しかしながら、上記制御切り換えについては従来、切り換え手段が提案されていなかった。ここで、仮に切り換えを急激に行った場合には、下記のような課題がある。

【0011】上記制御の電圧電流波形の低速域（正弦波制御）を図17、高速域（PAM制御）を図18に示す。同図において、 v_{un} はU相の端子電圧、 i_u はU相の巻線電流である。図17と18の比較から明らかのように、正弦波制御とPAM制御とでは電流波形が大きく異なる。これは、この制御切り換えの際にモータ固定子の磁界が大きく変化することを示し、このように磁界の急変は、モータの脱調や過電流が流れる原因となり、保護回路が動作してモータが停止したり、過電流が流れることによりモータの減磁やパワー素子の破壊の原因にも

なる。

【0012】本発明はこのような制御切り換えの課題を解決するために、モータを低速回転時は正弦波制御、高速回転時はPAM制御で回転する場合の円滑な移行方法を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために本発明は、モータを低速回転時は正弦波制御、高速回転時は未通電期間を設けたPAM制御で回転する場合に、制御方式切り換え時にはモータ回転数と1周期間の磁束量を一定に維持しながら、電流が急変しないように、徐々に制御を移行する手段を提供するものである。

【0014】上記他の制御方式として、説明のため本発明の請求項1に記載の発明の移行方式を取り上げる。請求項1記載の発明では、コンバータの出力直流電圧 V_{dc} を一定とした正弦波変調のPWM制御から、第1段階として、モータ回転数と1周期間の磁束量を一定に維持しながら、コンバータ出力電圧 V_{dc} は一定に保持し、基本波である正弦波の振幅と周波数を下げオフセットを上げて徐々に通電期間を狭めてPAM制御の設定通電期間に近づける制御を行う。通電期間がPAM制御の設定通電期間に移行した後、第2段階として、第1段階と同様にモータ回転数と1周期間の磁束量を一定に維持しながら、コンバータ出力電圧 V_{dc} を制御して通電期間を全通電にする。

【0015】このような手段をとることによって、モータを低速回転時は正弦波制御、高速回転時はPAM制御で回転する場合の切り換えをモータの脱調や過電流保護動作を起こさずに実現することができる。

【0016】

【発明の実施の形態】請求項1に記載の発明は、前述のように、モータを低速回転時は正弦波変調のPWM制御、高速回転時は通電期間を120度以上180度未満に設定したPAM制御で回転する場合、制御方式切り換え時にはモータ回転数と1周期間の磁束量を一定に維持しながら、第1段階として、コンバータ出力電圧 V_{dc} は一定に保持し、基本波である正弦波の振幅と周波数を下げオフセットを上げて、徐々に通電期間を狭めて通電期間を前記PAM制御の設定通電期間に近づけ、通電期間が設定期間に移行した後、第2段階として、コンバータ出力電圧 V_{dc} を制御して徐々に通電期間を全通電に移行する制御を行うものである。

【0017】この制御によれば、モータを低速回転時は正弦波制御、高速回転時はPAM制御で回転する場合の切り換えをモータの脱調や過電流保護動作を起こさずに円滑に実現することができる。

【0018】請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の発明と同様に、モータを低速回転時は正弦波変調のPWM制御、高速回転時は通電期間を120度以上180度未満に設定したPAM制御で回転する場合、制御方式

切り換え時にはモータ回転数と1周期間の磁束量を一定に維持しながら、第1段階として、コンバータ出力電圧 V_{dc} を昇圧しながら、基本波である正弦波の振幅と周波数を上げオフセットを下げて、徐々に通電角を狭めて前記PAM制御の設定期間に近づけ、設定通電期間に移行した後、第2段階として、コンバータ出力電圧 V_{dc} を制御して徐々に120度通電期間を全通電に移行する制御を行うものである。この制御によれば、請求項1と同様に切り換えをモータの脱調や過電流保護動作を起こさずに円滑に実現することができる。

【0019】請求項3に記載の発明は、請求項1、2に記載の発明と同様に、モータを低速回転時は正弦波変調のPWM制御、高速回転時は通電期間を120度以上180度未満に設定したPAM制御で回転する場合、制御方式切り換え時にはモータ回転数と1周期間の磁束量を一定に維持しながら、第1段階として、コンバータ出力電圧 V_{dc} を降圧して基本波である正弦波の通電期間を徐々に全通電に近づけ、通電期間が全通電に移行した後、第2段階として、コンバータ出力電圧 V_{dc} を昇圧して徐々に通電期間を前記PAM制御の設定通電期間に移行する制御を行うものである。この制御によれば、請求項1、2に記載の発明と同様に、切り換えをモータの脱調や過電流保護動作を起こさずに円滑に実現することができる。

【0020】請求項4に記載の発明は、モータを低速回転時は正弦波変調のPWM制御、高速回転時は通電期間を120度以上180度未満に設定したPAM制御で回転する場合、請求項1、2、3の発明の制御方式切り換え法を、モータ回転数を徐々に変化させて1周期間の磁束量を制御しながら、実施するものである。この制御によれば、請求項1、2、3に記載の発明と同様に、切り換えをモータの脱調や過電流保護動作を起こさずに円滑に実現することができ、さらに制御方式の切り換えを速くできるので指令回転数に速く到達することができる。

【0021】以下本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

【0022】（実施形態1）図1は、本実施形態の制御を実現するための電子回路図である。同図において、1は交流電源、2は交流を直流に変換するコンバータ部、3は直流からモータに入力する交流電圧を生成するためのインバータ部、4は3相DCブラシレスモータ、5はマイクロコンピュータ等の制御回路、6はモータ4の電流を検出する電流センサ、7はコンバータ部2に含まれる直流電圧制御回路、8はモータ回転子の位置検出回路、 V_{dc} は直流電圧制御回路の出力電圧である。

【0023】モータ低速回転域での正弦波制御では、モータ4のモータ電流値を電流センサ6から制御回路5に取り込み、これに基づいて制御回路5でモータ4の回転子の位置を推定し、推定した位置情報等をもとにしてイ

ンバータ部3の出力電圧を制御する。一方モータ高速回転域での120度通電PAM制御では、モータ回転子の位置検出回路の出力信号を制御回路5に取り込み、これに基づいて制御回路5でモータ回転子の位置を検出し、これをもとに直流電圧制御回路7を介してコンバータ部2の出力電圧 V_{dc} と、インバータ部3の出力電圧を制御している。

【0024】本実施形態で回転数を上げる場合に、上記正弦波制御から120度通電のPAM制御へ移行する切り換え制御の概念図を図2に示す。本実施形態では図2のように、制御切り換えは2段階に分かれる。第1段階では、コンバータ出力電圧 V_{dc} は一定に維持して正弦波の振幅と周波数を下げオフセットを上げて、徐々に通電期間を狭めて通電期間を120度に近づける。通電期間が120度に移行した後、第2段階として、コンバータ出力電圧 V_{dc} を降圧して徐々に120度通電期間の全通電制御に移行する。

【0025】本実施形態における電圧電流波形の制御切り換えを図3、4、5、6を用いて説明する。ここで、 v_{un} はU相端子電圧、 i_u はU相モータ電流である。図3は、正弦波制御の電圧電流波形である。モータ電流 i_u は正弦波制御された端子電圧 v_{un} に対して位相遅れの正弦波となる。第1段階の制御切り換え時の波形を図4、5に示している。図4は、制御移行第1段階初期の波形、図5は制御移行第1段階終了時の波形である。第1段階の制御切り換えでは、コンバータ出力直流電圧 V_{dc} は一定で、通電角を狭めるため、基本波を図3の正弦波に比べて周波数と振幅を下げてオフセットを上げる波形とすることによって、1周期の間の磁束量を維持するように制御している。

【0026】すなわち、図3の正弦波を
$$v_{un} = A \sin(2\pi ft) + B$$
とすると、制御切り換えの第1段階では、図4、5のように v_{un} の最大値は一定値で、振幅 A と周波数 f を下げてオフセット B を大きくして、通電角を狭める制御を行う。このとき、同図の $S1$ と $S2$ の面積を等しくするように制御することで、一周期間の磁束量を一定にしている。この制御によって、通電角を120度まで狭める。

【0027】図6は、第2段階の制御切り換え時の波形移行を示している。第2段階の制御切り換えでは、基本波を120度通電期間は全通電とする120度矩形波に近づけながら、コンバータ出力電圧 V_{dc} を降圧して、1周期間の磁束量を維持するように制御している。このように、回転数と1周期間の磁束量を一定に保持した状態で、正弦波から120度の全通電波形に移行し、制御をPAM制御に切り換える。

【0028】以上のような制御切り換え法によって、本実施形態では、速度可変範囲を広げるためにモータを低速回転時は正弦波制御、高速回転時はPAM制御で回転する場合の切り換えをモータの脱調や過電流保護動作を

起こさないので円滑に実現することができる。

【0029】（実施形態2）本実施形態の制御を実現するための電子回路図は、実施形態1と同様である。

【0030】本実施形態で回転数を上げる場合に、正弦波制御から120度通電のPAM制御へ移行する切り換え制御の概念図を図7に示す。本実施形態の制御切り換えは、図7のように2段階に分かれる。第1段階では、コンバータ出力電圧 V_{dc} を昇圧しながら正弦波の振幅と周波数を上げオフセットを下げて、徐々に正弦波の半周期を180度から120度に近づけることによって通電期間を狭める。通電期間が120度に移行した後、第2段階として、コンバータ出力電圧 V_{dc} を降圧して徐々に120度通電期間の全通電制御に移行する。

【0031】本実施形態における電圧電流波形の制御切り換えを図3、8、9、10、11を用いて説明する。図3は、実施形態1で述べたように制御切り換え前の正弦波制御の電圧電流波形であり、制御切り換え時には常に図3の回転数と1周期間の磁束量を一定に維持する。

【0032】第1段階の制御切り換え時の波形を図8、9、10に示している。図8は制御移行第1段階初期の波形、図9は同中期波形、図10は同終了時の波形である。

【0033】第1段階の制御切り換えでは、通電角を狭めるため、コンバータ出力直流電圧 V_{dc} を昇圧しながら、正弦波の振幅と周波数を上げてオフセットを下げることによって、1周期の間の磁束量を維持するように制御している。

【0034】すなわち、図3の正弦波を実施形態1と同様に

$$V_{un} = A \sin(2\pi ft) + B$$

とすると、制御切り換えの第1段階では、図8、9、10のように、振幅 A と周波数 f を上げ、オフセット B を下げて、通電角を狭める制御を行う。このとき、同図の $S3$ と $S4$ の面積を等しくするように制御することで、1周期間の磁束量を一定に維持している。このことによって、図10のように通電角を120度まで狭める。

【0035】図11は、第2段階の制御切り換え時の波形移行を示している。第2段階の制御切り換えでは、基本波を120度通電期間は全通電とする120度矩形波に近づけるため、コンバータ出力電圧 V_{dc} を降圧して、1周期間の磁束量を維持するように制御している。このようにして、回転数と1周期間の磁束量を一定に保持した状態で、正弦波から120度の全通電波形に移行し、制御をPAM制御に切り換える。

【0036】以上のような制御切り換え法によって、本実施形態では、速度可変範囲を広げるためにモータを低速回転時は正弦波制御、高速回転時はPAM制御で回転する場合の切り換えをモータの脱調や過電流保護動作を起こさないので円滑に実現することができる。

【0037】（実施形態3）本実施形態の制御を実現す

るための電子回路図は、実施形態1同様である。

【0038】本実施形態で回転数を上げる場合に、正弦波制御から120度通電のPAM制御へ移行する切り換え制御の概念図を図12に示す。本実施形態の制御切り換えは、図12のように2段階に分かれる。第1段階では、コンバータ出力電圧 V_{dc} を降圧しながら正弦波を180度全通電に徐々に切り換える。通電期間が180度全通電に移行した後、第2段階として、コンバータ出力電圧 V_{dc} を昇圧して徐々に通電期間を狭め、120度の全通電に移行する。

【0039】本実施形態における電圧電流波形の制御切り換えを図3、13、14、15を用いて説明する。図3は、実施形態1、2で述べたように制御切り換え前の正弦波制御の電圧電流波形であり、制御切り換え時には常に図3の回転数と1周期間の磁束量を一定に維持する。第1段階の制御切り換え時の波形を図13、14に示している。図13は制御移行第1段階初期の波形、図14は同終了時の波形である。第1段階の制御切り換えでは、同図のように正弦波を180度の全通電に近づけながら、コンバータ出力直流電圧 V_{dc} を降圧することによって、同図 $S5$ と $S6$ の面積を一定に保ち、1周期の間の磁束量を維持するように制御している。このことによって、図14のように制御を180度全通電に移行する。

【0040】図15は、第2段階の制御切り換え時の波形移行を示している。第2段階の制御切り換えでは、同図 $S7$ と $S8$ の面積を一定に保ち、180度通電を120度に狭めながら、コンバータ出力電圧 V_{dc} を昇圧することによって、1周期間の磁束量を維持するように制御している。このようにして、回転数と1周期間の磁束量を一定に保持した状態で、正弦波から120度通電波形に移行し、制御をPAM制御に切り換える。

【0041】以上のような制御切り換え法によって、本実施形態では、速度可変範囲を広げるためにモータを低速回転時は正弦波制御、高速回転時はPAM制御で回転する場合の切り換えをモータの脱調や過電流保護動作を起こさないので円滑に実現することができる。

【0042】なお、前記の各実施形態では、正弦波制御は、モータ巻線端子に正弦波電圧を印加する波形としているが、モータ巻線端子には正弦波に3次の高調波成分を加えた電圧を印可し、相間電圧を正弦波として本発明の切り換えを実施することも可能である。

【0043】また、前記の各実施形態は、高速回転時には120度通電のPAM制御に切り換える例としているが、例えば135度や150度等の広角通電のPAM制御に切り換えることも本発明をもとに実施することができる。

【0044】また、前述の図2、図7、図12に図示した制御切り換え時のコンバータ部2の出力直流電圧 V_{dc} の時間に対する変化の勾配は同図のとおりでなくてもよ

く、また、図のような比例関係でなくともよい。本発明は直流電圧 V_{dc} の勾配等を調整して実施することができるものである。

【0045】さらに、前記の各実施形態の制御切り換えを回転数も同時に移行させながら実施することも可能である。

【0046】

【発明の効果】請求項 1 に記載の発明は、モータを低速回転時は正弦波変調の PWM 制御、高速回転時は通電期間を 120 度以上 180 度未満に設定した PAM 制御で回転する場合、制御方式切り換え時にはモータ回転数と 1 周期間の磁束量を一定に維持しながら、第 1 段階として、コンバータ出力電圧 V_{dc} は一定に保持し、基本波である正弦波の振幅と周波数を下げオフセットを上げて、徐々に通電期間を狭めて通電期間を前記 PAM 制御で設定した期間に近づけ、通電期間が設定期間に移行した後、第 2 段階として、コンバータ出力電圧 V_{dc} を制御して徐々に通電期間を全通電に移行する制御を行うものである。上記実施形態 1 から明らかなように、この制御によれば、モータを低速回転時は正弦波制御、高速回転時は PAM 制御で回転する場合の切り換えをモータの脱調や過電流保護動作を起こさずに円滑に実現することができる。

【0047】請求項 2 に記載の発明は、モータを低速回転時は正弦波変調の PWM 制御、高速回転時は通電期間を 120 度以上 180 度未満に設定した PAM 制御で回転する場合、制御方式切り換え時にはモータ回転数と 1 周期間の磁束量を一定に維持しながら、第 1 段階として、コンバータ出力電圧 V_{dc} を昇圧しながら、基本波である正弦波の振幅と周波数を上げオフセットを下げて、徐々に通電角を狭めて前記 PAM 制御で設定した期間に近づけ、設定期間通電に移行した後、第 2 段階として、コンバータ出力電圧 V_{dc} を制御して徐々に 120 度通電期間を全通電に移行する制御を行うものである。実施形態 2 から明らかなように、この制御によれば、請求項 1 と同様に制御切り換えをモータの脱調や過電流保護動作を起こさずに円滑に実現することができる。

【0048】請求項 3 に記載の発明は、モータを低速回転時は正弦波変調の PWM 制御、高速回転時は通電期間を 120 度以上 180 度未満に設定した PAM 制御で回転する場合、制御方式切り換え時にはモータ回転数と 1 周期間の磁束量を一定に維持しながら、第 1 段階として、コンバータ出力電圧 V_{dc} を降圧しながら基本波である正弦波の通電期間を徐々に全通電に近づけ、通電期間が全通電に移行した後、第 2 段階として、コンバータ出力電圧 V_{dc} を昇圧して徐々に通電期間を前記 PAM 制御で設定した期間に移行する制御を行うものである。実施形態 3 から明らかなようにこの制御によれば、請求項 1、2 に記載の発明と同様に、切り換えをモータの脱調や過電流保護動作を起こさずに円滑に実現することが

できる。

【0049】請求項 4 に記載の発明は、モータを低速回転時は正弦波変調の PWM 制御、高速回転時は通電期間を 120 度以上 180 度未満に設定した PAM 制御で回転する場合、請求項 1、または 2、または 3 に記載の発明の制御切り換え方式を、モータ回転数を徐々に変化させて 1 周期間の磁束量も制御しながら、実施するものである。この制御によれば、請求項 1、2、3 に記載の発明と同様に、切り換えをモータの脱調や過電流保護動作を起こさずに円滑に実現することができ、さらに制御方式の切り換えを速くできるので指令回転数に速く到達することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の制御装置の実施形態 1 の回路図

【図 2】同実施形態 1 の制御概念図

【図 3】同実施形態 1 の正弦波制御の電圧波形を示す図

【図 4】同実施形態 1 の切り換え第 1 段階初期の波形を示す図

【図 5】同実施形態 1 の切り換え第 1 段階終了時の波形を示す図

【図 6】同実施形態 1 の切り換え第 2 段階終了時の波形を示す図

【図 7】本発明の制御装置の実施形態 2 の制御概念図

【図 8】同実施形態 2 の切り換え第 1 段階初期の波形を示す図

【図 9】同実施形態 2 の切り換え第 1 段階中期の波形を示す図

【図 10】同実施形態 2 の切り換え第 1 段階終了時の波形を示す図

【図 11】同実施形態 2 の切り換え第 2 段階終了時の波形を示す図

【図 12】本発明の制御装置の実施形態 3 の制御概念図

【図 13】同実施形態 3 の切り換え第 1 段階初期の波形を示す図

【図 14】同実施形態 3 の切り換え第 1 段階終了時の波形を示す図

【図 15】同実施形態 3 の切り換え第 2 段階終了時の波形を示す図

【図 16】従来の制御装置の回路図

【図 17】従来の制御装置の低回転数時の正弦波制御波形を示す図

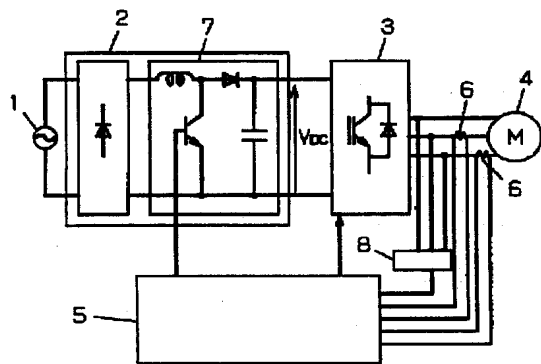
【図 18】従来の制御装置の高回転数時の PAM 制御波形を示す図

【符号の説明】

- 1 交流電源
- 2 コンバータ部
- 3 インバータ部
- 4 3相DCブラシレスモータ
- 5 制御回路
- 6 電流センサ

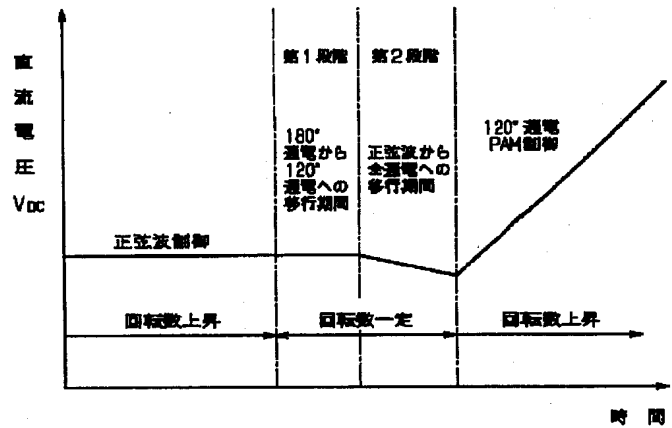
7 直流電圧制御回路

【図1】

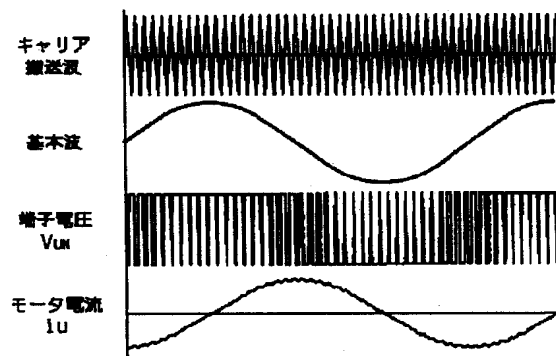


8 モータ回転子の位置検出回路

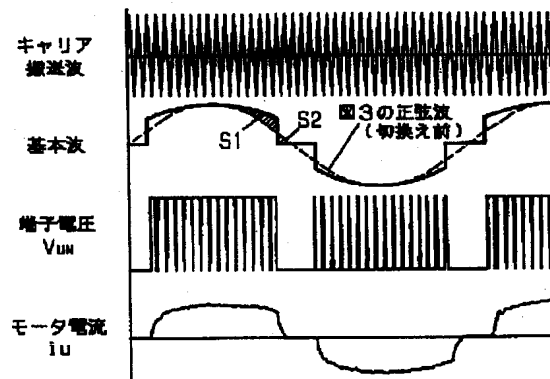
【図2】



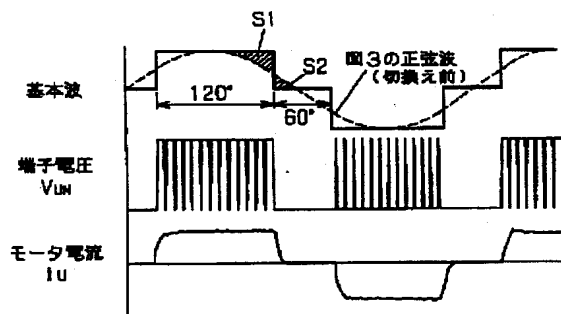
【図3】



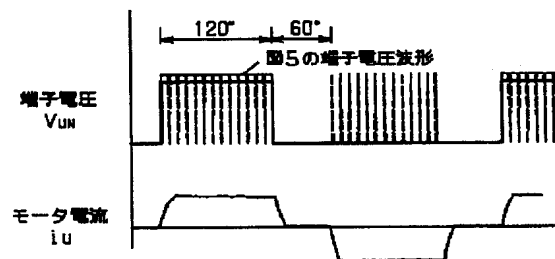
【図4】



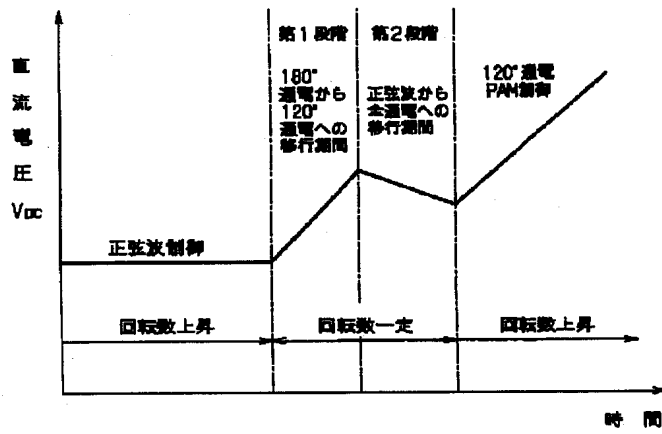
【図5】



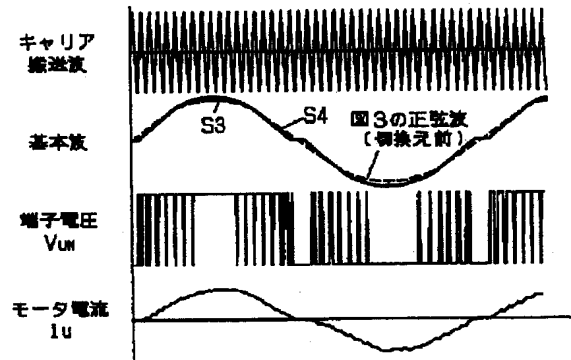
【図6】



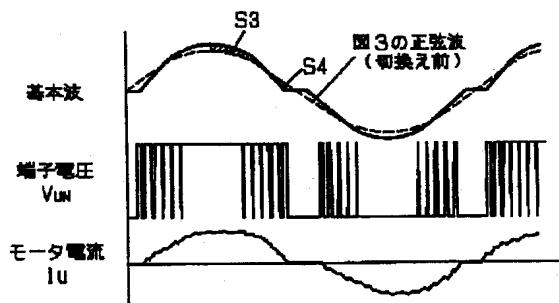
【図 7】



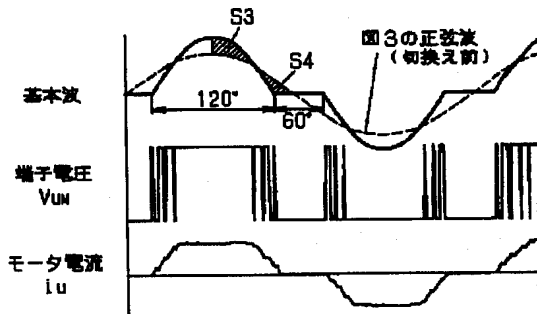
【図 8】



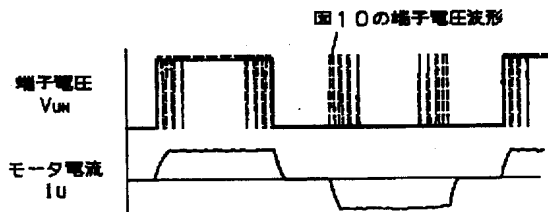
【図 9】



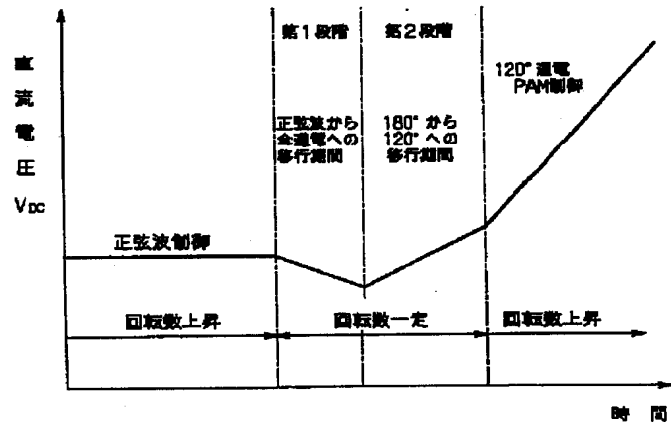
【図 10】



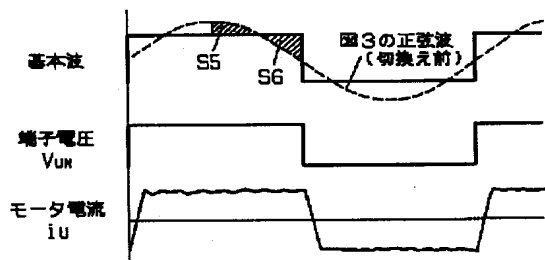
【図 11】



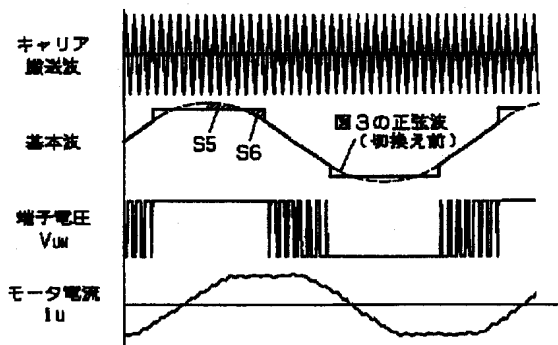
【図 12】



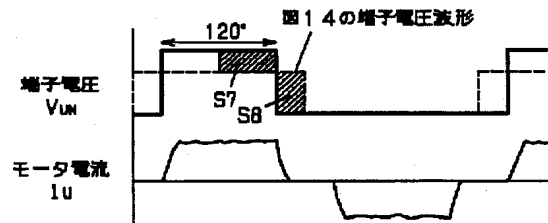
【図 14】



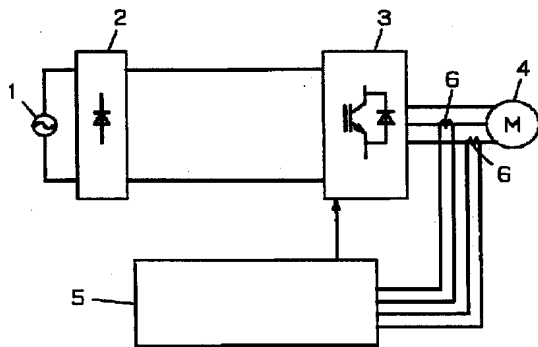
【図13】



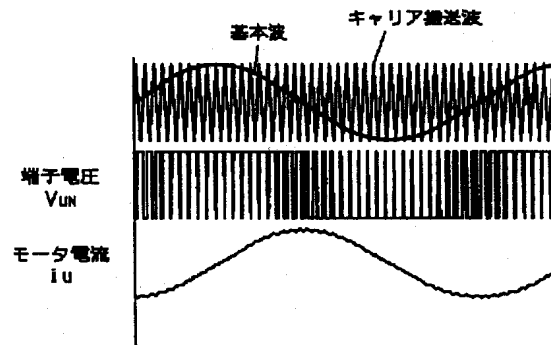
【図15】



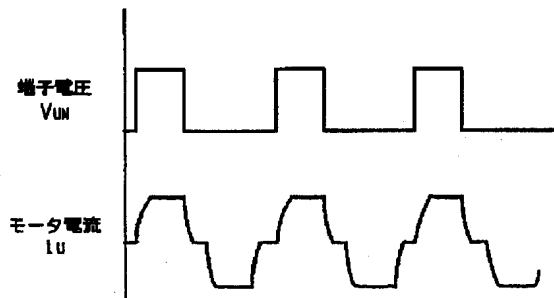
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5H560 BB04 BB12 DA13 DC12 DC13
EB01 EC01 EC07 JJ02 SS07
UA06 XA02 XA03 XA08 XA11
XA12